

**BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND****PRIORITY  
DOCUMENT**SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

RECEIVED

03 JAN 2005

WIPO

PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung****Aktenzeichen:**

103 50 460.5

**Anmeldetag:**

29. Oktober 2003

**Anmelder/Inhaber:**X-FAB Semiconductor Foundries AG,  
99097 Erfurt/DE**Bezeichnung:**Verfahren zum Verbinden prozessierter Halbleiter-  
scheiben mittels elektrisch leitender und elektrisch  
isolierender strukturierter Verbindungszwischen-  
schichten**IPC:**

B 81 C, H 01 L

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-  
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 16. Dezember 2004  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
Der Präsident

Im Auftrag

  
Faust

Die Erfindung geht aus von einem Verfahren zum Verbinden prozessierter Halbleiterscheiben mittels elektrisch leitender und elektrisch isolierender strukturierter Verbindungszwischenschichten gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Das Verbinden von prozessierten Halbleiterscheiben wird in der Fertigung von mikroelektronischen und mikroelektromechanischen Systemen eingesetzt, um bestimmte Strukturen durch eine Kappe bereits im Scheibenprozeß abzudecken. Dieser Arbeitsgang ist zum einen notwendig, um empfindliche mechanische Strukturen während nachfolgender Bearbeitungsschritte zu schützen bzw. das eigentliche Verkapseln der Einzelelemente, z.B. optische Bauelemente, bereits im Scheibenverband vorzunehmen und somit spezielle Aufbauten zu ermöglichen. Übliche Verfahren zum Verbinden von z.B. System- und Deckscheiben sind das anodische und das direkte Bonden, sowie das Bonden mittels niedrigschmelzender Glaszwischenschichten (Glass-Frit-Bonden). Dabei befinden sich in der Regel die mechanisch bzw. elektrisch aktiven Elemente auf der Systemscheibe. Die Deckscheibe hingegen dient meist nur als abdeckender Schutz und besitzt nach dem Stand der Technik keine oder nur wenig elektrische Strukturen. Die oben aufgeführten Bondverfahren haben die Eigenschaft, daß die Scheiben nicht leitend miteinander verbunden werden. Dies liegt zum einen daran, daß die Deckscheibe selbst nicht leitend ist (anodisches Bonden). Zum anderen sind beim Bonden entstehende Zwischenschichten nicht leitend (Bondoxid beim direkten Bonden, Glasszwischenschicht beim Glass-Frit-Bonden). Bei der Anwendung des Verkapselungsbondens ist es meist jedoch notwendig gezielt den gesamten Deckel bzw. Strukturen auf dem Deckel elektrisch leitend anzuschließen. Ein elektrischer Anschluß des gesamten Deckels ist z.T. notwendig, um ihn auf ein bestimmtes Potential, z.B. Masse, zu legen. Für die Auslesung kapazitiver Sensoren sind Auswerteelektroden auf dem Deckel notwendig, die zur Systemscheibe hin kontaktiert werden müssen, um ein Drahtbonden während des Aufbau- und Verbindungsprozesses in einer Ebene zu ermöglichen. Zur Erhöhung der Packungsdichte von Mikrosystemen ist es vorteilhaft, Auswerteschaltungen auf der Deckscheibe zu integrieren, wenn diese zur Systemscheibe elektrisch kontaktiert werden können. Bisher sind nur elektrische Scheibe-zu-Scheibe-Kontaktierungen vom anodischen Bonden bekannt. Dabei werden Metallisierungsgebiete der zu verbindenden Scheiben in mechanischen Kontakt gebracht und durch die entstehende Scheibenverbindungskraft fest zusammengepresst (KADAR, Z., BOSSCHE, A., MOLLINGER, J., *Sensors & Actuators A52* (1996), pp. 151-155 – *Aluminium press-on contacts for glass to silicon anodic bonding*). Dieses Verfahren weist allerdings zwei gravierende Nachteile auf. Zum einen stören die elektrischen Kontaktgebiete die Ausbildung der eigentlichen Scheibenbondverbindung. Zum anderen besteht keine stoffliche Verbindung im Bereich der elektrischen Kontakte, so daß deren Zuverlässigkeit somit fraglich ist. Als am universellsten einsetzbares Scheibenbondverfahren für Verkapselungszwecke gilt das Glass-Frit-Bonden, da es sehr hohe Bondausbeuten liefert und aufgrund der planarisierenden Wirkung der geschmolzenen Glaszwischenschicht Oberflächenprofile der zu verbindenden Scheiben ausgleicht und somit laterale metallische Kontaktdurchführungen im Bondinterface ermöglicht.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verbindungsverfahren nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 so zu gestalten, daß eine feste und bezüglich Hohlräumen dicht schließende Verbindung der Halbleiterscheiben bei gleichzeitiger elektrischer Verbindung der Scheiben gegeben ist.

Gelöst wird die Aufgabe mit den im kennzeichnenden Teil des Anspruchs 1 angegebenen Merkmalen.

Der Gegenstand des Anspruchs 1 weist die Vorteile auf, daß die Kombination von leitenden und isolierenden Glasstrukturen beim Glass-Frit-Bonden gezielt Bereiche der Deckscheibe elektrisch angeschlossen werden.

Die Erfindung eignet sich besonders für mikroelektromechanische Strukturen, die mit Strukturen der Auswerteelektronik integriert sind. Darüber hinaus können auch mehr als zwei Halbleiterscheiben stapelförmig miteinander verbunden werden.

Vorteilhafte Ausgestaltungen des Gegenstandes des Anspruchs 1 sind in den Unteransprüchen angegeben.

Die Erfindung wird nun anhand eines Ausführungsbeispiels mit zwei Halbleiterscheiben unter Zuhilfenahme der Zeichnung erläutert. Es zeigen

Fig.1 eine Systemscheibe, die mit einer Deckscheibe nach dem erfindungsgemäßen Verfahren verbunden wurde in schematischer Schnittdarstellung,

Fig.2 die Draufsicht einer Anordnung wie sie in Fig.1 gezeigt ist,

Fig.3 eine Variante der erfindungsgemäßen leitenden Verbindung zwischen Systemscheibe und Deckscheibe.

Wie in Fig. 1 dargestellt, verbinden die niedrig schmelzende strukturierte isolierende Glaszwischen-schicht (6) und das elektrisch leitfähige Lot auf Glasbasis (5) die Systemscheibe (1) mit der Deckscheibe (2), wobei gleichzeitig eine selektive Kontaktierung der Deckscheibe (2) zur Systemscheibe (1), bzw. zwischen elektrisch aktiven Strukturen beider Scheiben hergestellt ist. Verfahrensmäßig kann das Aufbringen und Vorschmelzen der beiden Glaslote getrennt und nacheinander vorgenommen werden. Aber auch ein nacheinander ablaufendes Aufbringen und ein gemeinsames Vorschmelzen sind möglich. Im Bondprozess werden die leitenden und nicht leitenden Scheibenverbindungen dann gleichzeitig ausgebildet. Dazu müssen die Verarbeitungstemperaturen der beiden verwendeten Gläser im gleichen Bereich liegen. Im Bereich des nicht leitenden Glaslotes können metallische Leitbahnen (4), die sich auf der Systemscheibe (1) befinden und durch einen Zwischenisolator (7) zum Substrat hin isoliert sind, eingebettet werden. Dies ermöglicht den niederohmigen Anschluss der mit dem Deckel zu schützenden Strukturen (3). Gleichzeitig können die zu deckelnden Strukturen hermetisch dicht verpackt werden. Die hauptsächlich mechanisch tragende Scheibenverbindung ist durch das Glaslot zu realisieren, da dieses sehr gut in seiner thermischen Ausdehnung an Silizium angepasst ist. Die elektrischen Kontaktflächen sind klein zu halten, um mechanische Spannungen zu minimieren. Werden als Systemscheiben SOI-Scheiben (8) (silicon-on-insulator) angewendet, wie in Fig.3 gezeigt, besteht die Möglichkeit, über das leitende Glaslot (5) das Substrat (11) der SOI-Scheibe elektrisch anzuschließen. Dazu ist die aktive Schicht (9) des SOI-Substrats sowie das vergrabene Oxid (10) an der entsprechenden Stelle zu öffnen, so daß das elektrisch leitende Glaslot (5) in die Öffnung fließen und somit die Trägerscheibe kontaktieren kann. Um nur die gewünschten Stellen der aktiven Halbleiterschicht (9) anzuschließen muß die Halbleiterschicht (9) an den Lochwänden isoliert werden. {Der notwendige Zwischenisolator (7), siehe Fig.1, ist in Fig.3 nicht gezeigt.} Da die gängigen SOI-basierten Technologien diese Teilschritte enthalten, entsteht kein Mehraufwand.

Sind im Design der Systemscheibe und der Deckscheibe die entsprechenden elektrischen Kontaktflächen und notwendigen Scheibenverbindungsrahmen berücksichtigt, ist z.B. folgender Prozess zur Herstellung der elektrisch leitfähigen und isolierenden Scheibenverbindungen möglich:

- Siebdruck zum Aufbringen der elektrisch nicht leitenden Glaspaste auf die Deckscheibe
- Konditionieren und Vorschmelzen des elektrisch nicht leitenden Glases
- Siebdruck zum Aufbringen der elektrisch leitenden Glaspaste auf die Deckscheiben
- Konditionieren und Vorschmelzen des elektrisch leitenden Glases
- Ausrichten von System- und Deckscheibe
- Bonden unter mechanischem Druck bei der Verarbeitungstemperatur der Gläser

Alternativ kann das Aufbringen der Gläser auch in umgekehrter Reihenfolge bzw. auf die Systemscheibe erfolgen.

## Bezugszeichenliste

- 1 Systemscheibe mit mikroelektromechanischen bzw. mit elektronischen Strukturen
- 2 Deckscheibe , z.B. auch mit elektronischen Strukturen versehen
- 3 zu schützende mikroelektromechanische bzw. elektronische Strukturen
- 4 Metallstrukturen, Zuleitungen und Bondinseln (Bondpads)
- 5 elektrisch leitfähiges Verbindungsglas
- 6 elektrisch isolierendes Verbindungsglas
- 7 Zwischenisolationsschicht
- 8 SOI-Scheiben (silicon on insulator)
- 9 aktive elektronische Strukturen tragende Siliziumschicht (aktive Schicht)
- 10 vergrabenes Oxid
- 11 Trägerscheibe (Substrat)
- 12 Isolationsgräben in aktiver Schicht

## Ansprüche

1.

Verfahren zum festen Verbinden prozessierter Halbleiterscheiben, vorzugsweise zum Verbinden von mikroelektromechanische bzw. elektronische Strukturen tragenden Systemscheiben (1) mit Deckscheiben (2), die ebenfalls elektronische Strukturen tragen können, wobei bei mehr als zwei Scheiben die im Mittelbereich des Stapels befindlichen Scheiben gleichzeitig sowohl Systemscheibe als auch Deckscheibe sein können, bei dem im Arbeitsgang des mechanisch festen Verbindens sowohl elektrisch isolierende Verbindungen als auch elektrisch leitende zwischen den Halbleiterscheiben hergestellt werden, gekennzeichnet durch folgende spezifischen Hauptarbeitsgänge:

- Aufbringen von strukturierten Schichten elektrisch nicht leitender und elektrisch leitender Glaspasten auf jeweils eine der beiden miteinander zu verbindenden Scheibenseiten

Konditionieren und Vorschmelzen der Gläser

- geometrisches Ausrichten der zu verbindenden Scheiben
- Zusammenfügen (Bonden) der Scheiben bei der Verarbeitungstemperatur der Gläser unter Anwendung von mechanischem Druck

2.

Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Glaslote im Siebdruckverfahren aufgebracht werden.

3.

Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das nicht leitende niedrigschmelzende Glaslot und das elektrisch leitende Glaslot unterschiedliche Konditionier- und Vorschmelzbedingungen haben und daher das Konditionieren und Vorschmelzen nacheinander in getrennten Prozessen vorgenommen wird.

4.

Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das nicht leitende niedrigschmelzende Glaslot und das elektrisch leitende Glaslot die gleiche Verarbeitungstemperatur haben.

5.

Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das nicht leitende niedrigschmelzende Glaslot und das elektrisch leitende Glaslot unterschiedliche Verarbeitungstemperaturen haben und diese in einem Prozeß nacheinander durchfahren werden.

6.

Verfahren nach Anspruch 1 und einem der Ansprüche 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens eine der Scheiben in ihrem elektronisch nicht strukturierten Bereich (Ausgangsmaterialbereich) elektrisch angeschlossen wird.

7.

Verfahren nach Anspruch 1 und einem der Ansprüche 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Scheiben an bestimmten Schaltungspunkten in ihren elektronisch strukturierten Bereichen elektrisch angeschlossen werden.

8.

Verfahren nach Anspruch 1 und einem dieser folgenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Verbindungsbildungen der Glaslote bei Temperaturen kleiner 450 Grad Celsius erfolgt.

9.  
Verfahren nach Anspruch 1 und einem diesem folgenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die elektrische Verbindung des Substrates bei SOI-Scheiben über vorher erzeugte Öffnungen in der vergrabenen Oxidschicht und in der aktiven Siliziumschicht erfolgt, wobei die Wandbereiche der Öffnung in der aktiven Siliziumschicht vor der elektrischen Verbindung nötigenfalls mit einer Isolierschicht versehen werden.
10.  
Scheibenanordnung, die nach dem Verfahren gemäß Anspruch 1 oder einem Verfahren der diesem folgenden Ansprüche hergestellt wurde.

Zeichnungen

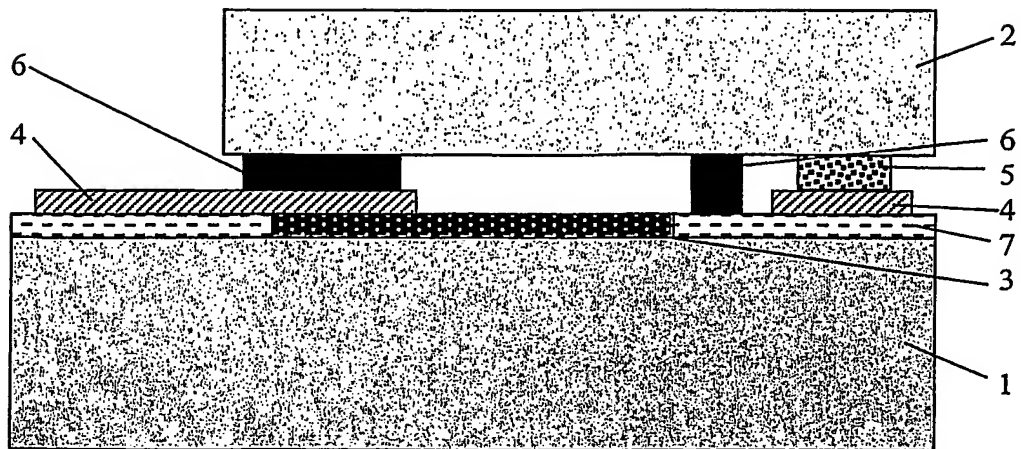


Fig.1

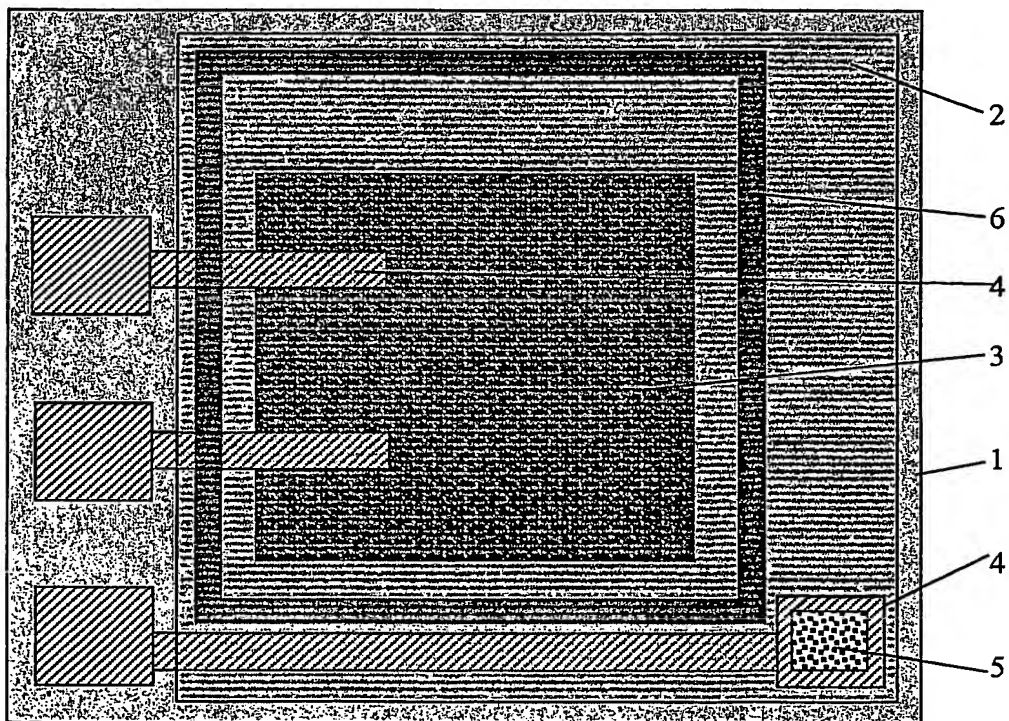


Fig.2

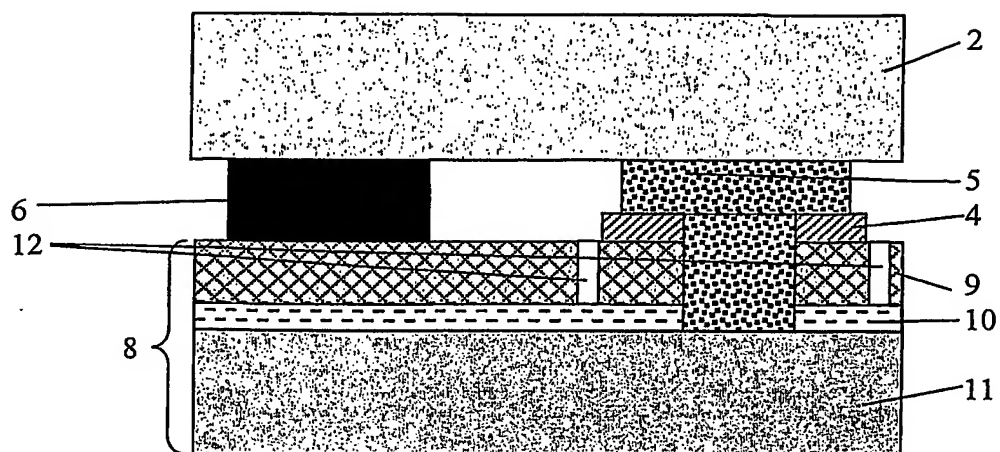


Fig.:3